

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-271426

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 1 S 13/34

13/50

13/93

識別記号

F I

G 0 1 S 13/34

13/50

13/93

A

Z

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-70647

(22) 出願日 平成10年(1998)3月19日

(71) 出願人 000237592

富士通テン株式会社

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

(72) 発明者 岸田 正幸

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

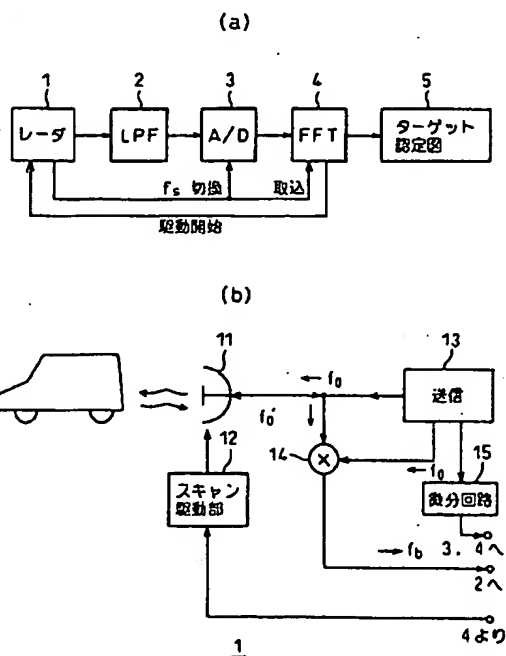
(54) 【発明の名称】 FM-CW方式レーダの信号処理装置

(57) 【要約】

【課題】 信号の処理を短縮してスキャンの速度を上げる。

【解決手段】 FM-CW方式レーダの信号処理装置に、複数のターゲットの反射波の受信信号と送信信号とのビート信号を形成するレーダ1と、ビート信号をアナログからデジタルに変換する時に上昇時及び下降時のビート信号の一方のサンプリング周波数が他方のサンプリング周波数の半分に設定されるA/D変換部3と、上昇時及び下降時でそれぞれビート信号の周波数分析を行う時にサンプリング周波数を半分に設定した方のビート信号の取り込みサンプル数を半分にする周波数分析部4と、サンプリング周波数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合のピーク周波数に変換して上昇時、下降時のピーク周波数のペアリングを行ってターゲットに対する距離等を求めるターゲット認定部5とを備える。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3 角状に周波数変調された連続波送信して複数のターゲットからの反射波を受信して受信信号の処理を行う FM-CW 方式レーダの信号処理装置において、前記ターゲットの各々に対して距離情報、ドブラ効果の情報を含む受信信号と送信信号とのビート信号を、前記 3 角波状に変調される周波数の上昇時及び下降時のそれぞれで、形成するレーダと、前記レーダのビート信号をアナログからデジタルに変換する時に、上昇時及び下降時のビート信号の一方のサンプリング周波数が他方のサンプリング周波数の半分に設定されるアナログデジタル変換部と、前記上昇時及び下降時でそれぞれ前記ビート信号の周波数分析を行い前記ターゲットの各々に対してパワーピークを得る時に、アナログデジタル変換部でサンプリング周波数を半分に設定した方のビート信号の取り込みサンプル数を半分にする周波数分析部と、前記周波数分析部によって得られる周波数分析でパワーピークに対する上昇時、下降時のピーク周波数をベアリングする時に、サンプリング周波数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合のピーク周波数に変換してベアリングを行って前記ターゲットの各々に対する距離、相対距離を求めるターゲット認定部とを備えることを特徴とする FM-CW 方式レーダの信号処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はスキャン型の FM (周波数変調) -CW (連続波) 方式レーダの信号処理装置に関し、特に、信号の処理を短縮してスキャンの速度を上げるための信号処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】上記 FM-CW 方式レーダは、車両に搭載され、前方の車両 (ターゲット) をスキャンするために、三角波状の周波数変調された連続の送信波を出力してターゲットとの距離等を求めている。すなわち、ターゲットとの距離等を求める信号処理装置では、あるスキャン角のレーダからの送信波がターゲットで反射され、反射波の受信信号と送信信号とのビート信号が形成され、高速フーリエ変換により周波数分析される。この周波数分析によるビート信号はターゲットに対してパワーがピークとなり、このピークに対応する周波数がピーク周波数として得られる。ピーク周波数は距離に関する情報を有し、ターゲットとの相対速度によるドブラ効果に起因して上昇時、下降時で異なる。この上昇時、下降時の周波数ピークからターゲットとの距離等が得られる。このような上記信号処理装置の処理を待ってレーダは次のスキャン角に設定される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記信号処理装置の処理時間が長いと、上記 FM-CW 方式レーダのスキャン速度を早くすることができないとの問題がある。したがって、本発明は、上記問題点に鑑み、処理精度を保持しつつ処理時間を短縮してスキャン速度を早くできる FM-CW 方式レーダの信号処理装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記問題点を解決するために、3 角状に周波数変調された連続波送信して複数のターゲットからの反射波を受信して受信信号の処理を行う FM-CW 方式レーダの信号処理装置において、前記ターゲットの各々に対して距離情報、ドブラ効果の情報を含む受信信号と送信信号とのビート信号を、前記 3 角波状に変調される周波数の上昇時及び下降時のそれぞれで、形成するレーダと、前記レーダのビート信号をアナログからデジタルに変換する時に、上昇時及び下降時のビート信号の一方のサンプリング周波数が他方のサンプリング周波数の半分に設定されるアナログデジタル変換部と、前記上昇時及び下降時でそれぞれ前記ビート信号の周波数分析を行い前記ターゲットの各々に対してパワーピークを得る時に、アナログデジタル変換部でサンプリング周波数を半分に設定した方のビート信号の取り込みサンプル数を半分にする周波数分析部と、前記周波数分析部によって得られる周波数分析でパワーピークに対する上昇時、下降時のピーク周波数をベアリングする時に、サンプリング周波数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合の周波数に変換してベアリングを行って前記ターゲットの各々に対する距離、相対距離を求めるターゲット認定部とを備えることを特徴とする FM-CW 方式レーダの信号処理装置を提供する。

【0005】この手段により、周波数分解能を維持したままで、上昇時及び下降時のうちいずれかのビート信号の周波数分析の処理時間を半分に短縮したので、この分だけレーダのスキャンを早くすることが可能になった。

【0006】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図 1 は本発明に係るスキャン型の FM-CW 方式レーダの信号処理装置の概略を説明する図である。本図 (a) に示す如く、スキャン型の FM-CW 方式レーダの信号処理装置は、自動車に搭載され、前方の車両 (ターゲット) をスキャンするレーダ 1 を具備する。レーダ 1 は 3 角波状の FM (周波数変調) -CW (連続波) レーダであり、本図 (b) に示す如く、ターゲットに電波 (周波数 f_0) を送信し且つ前方の車両の反射波 (周波数 f_0') を受信するアンテナ 11 と、アンテナ 11 を一定の方位角度毎にスキャンを行う

スキャン駆動部12と、FMの3角波の信号を繰り返し出力してアンテナ11に電波を送信させる送信部13と、アンテナ11からの受信信号と送信機12からの出力信号との上昇、下降ビート信号(周波数 f_b 、(u)、 f_b 、(d))を取る混合器14とを具備する。さらに、送信部13からの3角波状の変調信号の上昇、下降を識別する微分回路15が設けられる。

【0007】図1(a)に戻り、低域通過フィルタ(LPF)2は、レーダ1の混合器14に接続されて、ビート信号に含まれるナイキスト周波数 $f_b/2$ 以上の信号を除去して折り返し歪みの発生を防止する。アナログ/デジタル(A/D)変換部3はサンプリング周波数でサンプルを行い、低域通過フィルタ2のアナログ信号をデジタル信号に変換する。なお、上昇、下降ビート信号についてA/D変換部3のサンプリング周波数は交互に切り換えられる。この切換制御は、さらに、具体的に後述される。

【0008】高速フーリエ変換部(FFT)4は、A/D変換部3の出力に接続されて、3角波状の周波数変調の上昇時、下降時のビート信号を、取り込み、周波数分析を行う。ターゲット認定部5は、高速フーリエ変換部4から得られた上昇時、下降時の周波数ピークに対してベアリングを行い、ターゲットの距離、相対速度を求め、ターゲットを認定する。なお、前述のサンプリング周波数の切換制御に伴って折り返しによって発生される周波数ピークのベアリングについては後述される。

【0009】図2はスキャン時のある角度で前方の車両を捕らえた例を示す図である。本図に示す如く、レーダ1により、自転車レーンの前方のバイク(ターゲットa)、前方の車両(ターゲットb)、追越レーンの前方の車両(ターゲットc)等を含めて複数、例えば、3つのターゲットが捕らえられる。図3はFM-CW方式レーダの信号処理装置の主要部の動作を説明する図である。本図(a)に示す如く、レーダ1からは、実線信号で示されよう、周期 $1/f_c$ で、周波数偏移 Δf の3角波状の周波数変調が行われて、送信波が送信される。さらに、レーダ1では、点線で示されるように、各ターゲットで反射された反射波が受信される。

【0010】本図(b)に示す如く、レーダ1では、3角波の上昇時、下降時で受信信号と反射信号とのビートが取られ、ビート信号が形成される。上昇時と下降時とでビート信号の周波数が異なるのは、ターゲットとの相対速度により生じるドプラ効果の影響である。本図(c)に示す如く、レーダ1の微分回路15の出力は、三角波の変調信号の上昇時では正極性の矩形波に、下降時には負極性の矩形波になる。

【0011】本図(d)に示す如く、A/D変換部3ではレーダの微分回路15から出力により交互にサンプリング周波数が切り換えられ、微分回路15から正極性の矩形波の入力中にはサンプリング周波数が f_s となり、

微分回路15から負極性の矩形波の入力中にはサンプリング周波数が $f_s/2$ となる。本図(e)に示す如く、高速フーリエ変換部4では、レーダ1の微分回路10の正極性の矩形波の入力でA/D変換部3の出力が取り込まれ下降時のビート信号の周波数分析の処理が行われる。この場合、サンプリング周波数を f_s 。(例えば、400KHz)とし、取り込みサンプル数をN(例えば、1024ポイント)すると、下降時の周波数範囲 f_{span} は $f_s/2$ 、56となる。このときの最大周波数を f_{max} とする。高速フーリエ変換部4において周波数分析に要する下降時の処理時間Tは取り込みサンプル数Nにほぼ比例する。なお、周波数分解能 δf は f_s/N である。

【0012】また高速フーリエ変換部4では下降時の処理終了後にレーダ1の微分回路10の負極性の矩形波の入力でA/D変換部3の出力が取り込まれ上昇時のビート信号の周波数分析の処理が行われる。この場合、上昇時のサンプリング周波数を $f_s/2$ (200KHz)とし、取り込みサンプル数をN/2(例えば、512ポイント)すると、上昇時の周波数範囲は $f_{span}/2$ ($=f_s/(2 \times 2.56)$)となる。このときの最大周波数を $f_{max}/2$ とする。高速フーリエ変換部4において周波数分析に要する上昇時の処理時間は、取り込みサンプル数Nにほぼ比例するため、下降時の処理時間のTの1/2となる。なお、上昇時の周波数分解能 δf は f_s/N であり、下降時と同一である。

【0013】本図(d)に示す如く、本図(e)で一对の下降時、上昇時のビート信号の周波数分析が終了するとスキャン駆動部はレーダを一定の方位角度だけ回転させる。このように、下降時に比較して上昇時の方では周波数分解能を維持しつつ処理時間を半分に減少することが可能になったので、従来は2T。毎にスキャンを行っていたが、(3/2)T。毎にスキャンを行えるようになり、スキャンの速度が早くなった。

【0014】図4は高速フーリエ変換部4により得られる周波数分析の例を示す図である。本図(a)に示す如く、下降時の周波数分析では、周波数範囲 f_{span} でターゲットa、b、cに対してピーク周波数 f_{a_s} 、 f_{b_s} 、 f_{c_s} ($f_{a_s} < f_{b_s} < f_{c_s}$)が得られる。本図(b)に示す如く、上昇時の周波数分析では、周波数範囲 $f_{span}/2$ でピーク周波数 f_{a_s} 、 f_{b_s} がナイキスト周波数($=f_{max}/2$)以下にあり、ピーク周波数 f_{c_s} がナイキスト周波数を越えているとすれば、ピーク周波数 f_{c_s} は折り返される。

【0015】図5はターゲット認定部5の動作を説明するフローチャートである。ステップS1、2において、ターゲット設定部5は、高速フーリエ変換部4の上昇時、下降時の処理が終了したかを判断する。終了していなければ終了処理を行う。ステップS3において、周波数範囲 f_{span} の前半($0 \sim f_{max}/2$)で、上昇時、下

降時のピーク周波数の数が一致するかを判断する。

【0016】ステップS4において、上記ステップ3でピーク周波数の数が一致する場合には、下降時、上昇時のピーク周波数で最も近い2つを対にするベアリングを行う。ステップS5において、ステップS3でピーク周波数の数が一致しない場合に、周波数範囲の前半で、前述の如く、ベアリングを行う。

【0017】ステップS6において、例えば、下降時の余ったピーク周波数 $f_r(d)$ は (この場合 f_c)、

$$f_r(d) = f_{\max} - f_r(d)$$

として、下降時の余ったピーク周波数 $f_r(d)$ を周波数範囲の後半 ($f_{\max}/2 \sim f_{\max}$) に移す。

【0018】ステップS7において、周波数の後半の上昇時、下降時でピーク周波数のベアリングを行う。このようにしてベアリングされたピーク周波数から、以下の如く、ターゲットとの距離等を求める。ターゲットに対してベアリングが行われた上昇時、下降時のピーク周波数は、

$$f_r(u) = f_r - f_r \quad \dots (1)$$

$$f_r(d) = f_r + f_r \quad \dots (2)$$

となり、ここに、

$$f_r = f_r = \{ \Delta f / (1/2 f_r) \} \cdot T \\ = (4R \cdot f_r \cdot \Delta f) / c \quad \dots (3)$$

であり、 f_r はドブラ周波数である。

【0019】(1)、(2)式より、

$$f_r = \{ f_r(u) + f_r(d) \} / 2 \quad \dots (4)$$

として得られ、(3)式より、

$$R = f_r \cdot c / (4R \cdot f_r \cdot \Delta f) \quad \dots (5)$$

となる。ここに、 R はターゲットと自車との間の距離、 c は光速である。

【0020】すなわち、上昇時と下降時とのピーク周波数のベアリングにより前方車両の距離が得られる。前方の車両との相対距離は得られた距離の時間変化により得られる。以上の説明では、下降時のサンプリング周波数を上昇時の半分にしたが、逆に上昇時のサンプリング周波数を下降時の半分にすることで高速フーリエ変換

部4の処理を行ってもよい。

【0021】なお、上昇時、下降時のビート信号のいずれか一方のサンプリング周波数、取り込みサンプル数をそれぞれ半分 ($1/2$) することについて説明したが、原理的には $1/3$ 、 $1/4$ … にしてさらにFFTの処理時間を短縮することは可能である。

【0022】

【発明の効果】以上の説明により本発明によれば、周波数分解能を維持したままで、上昇時及び下降時のうちいずれかのビート信号の周波数分析の処理時間を半分に短縮したので、この分だけレーダのスキャンを早くすることが可能になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係るスキャン型のFM-CW方式レーダの信号処理装置の概略を説明する図である。

【図2】図2はスキャン時のある角度で前方の車両を捕らえた例を示す図である。

【図3】図3はFM-CW方式レーダの信号処理装置の主要部の動作を説明する図である。

【図4】図4は高速フーリエ変換部4により得られる周波数分析の例を示す図である。

【図5】図5はターゲット認定部5の動作を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

1…レーダ

2…LPF

3…A/D変換部

4…FFT

5…ターゲット認定部

30 11…アンテナ

12…スキャン駆動部

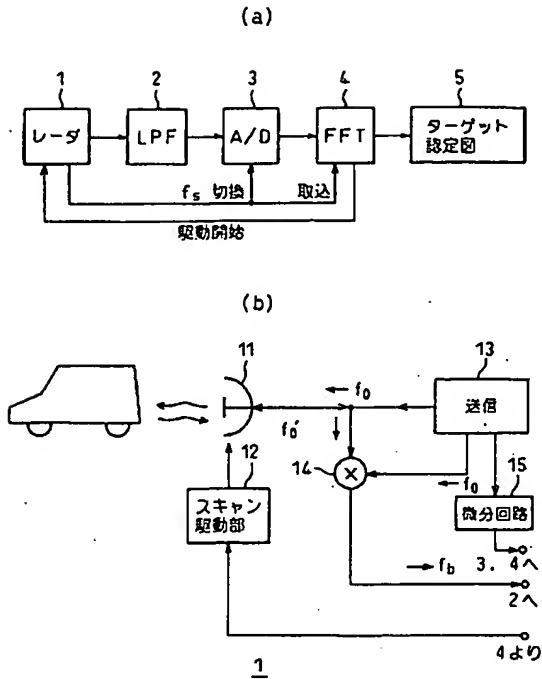
13…送信部

14…混合器

15…微分回路

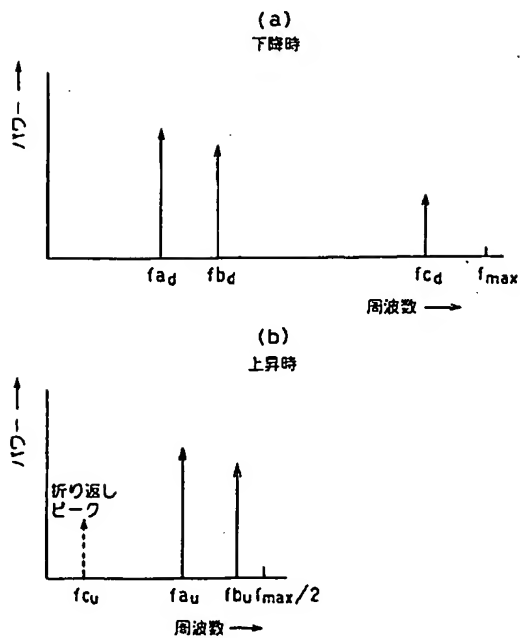
【図1】

図1



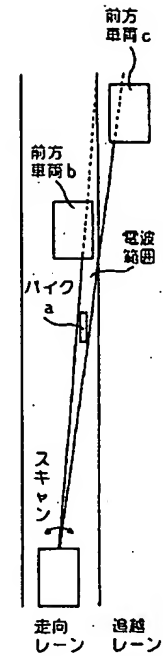
【図4】

図4



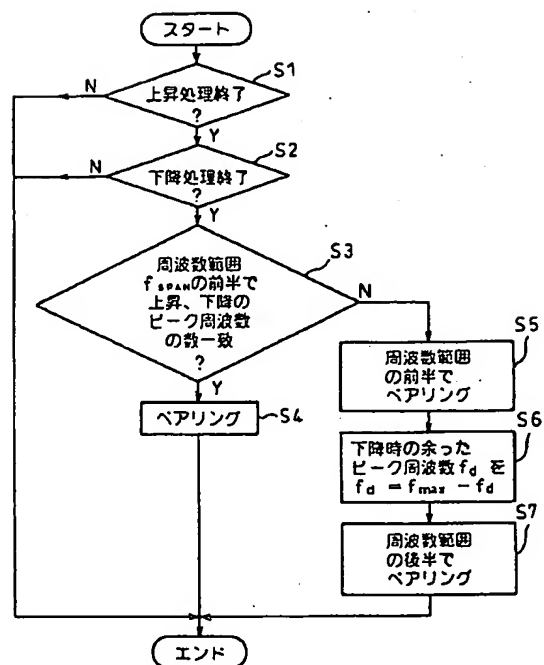
【図2】

図2



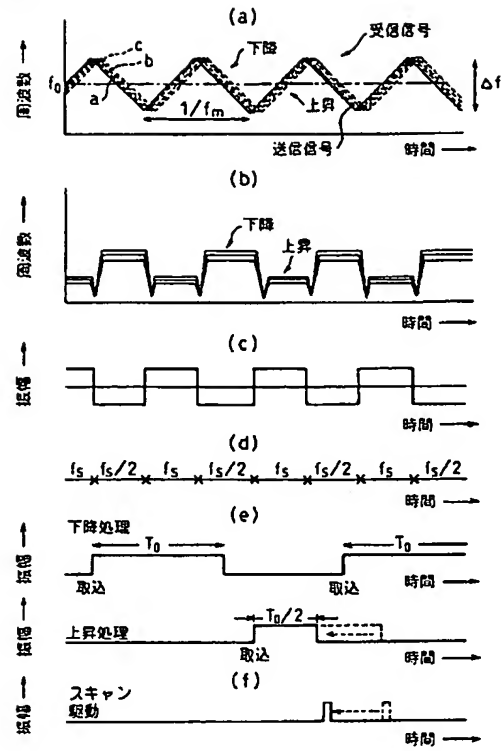
【図5】

図5



【図 3】

図 3



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第1区分
 【発行日】平成17年9月8日(2005.9.8)

【公開番号】特開平11-271426
 【公開日】平成11年10月8日(1999.10.8)
 【出願番号】特願平10-70647
 【国際特許分類第7版】

G 0 1 S 13/34

G 0 1 S 13/50

G 0 1 S 13/93

【F I】

G 0 1 S 13/34

G 0 1 S 13/50 A

G 0 1 S 13/93 Z

【手続補正書】

【提出日】平成17年3月18日(2005.3.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

3角波状に周波数変調された連続波を送信してターゲットからの反射波を受信して受信信号の処理を行うFM-CW方式レーダの信号処理装置において、

前記ターゲットに対して距離情報、ドプラ効果の情報を含む受信信号と送信信号とのビート信号を、前記3角波状に変調される周波数の上昇時及び下降時のそれぞれで形成するレーダと、

前記上昇時及び下降時でそれぞれ前記ビート信号の周波数分析を行い前記ターゲットの各々に対してパワーピークを得る時に、前記上昇時若しくは下降時のどちらか一方のビート信号の取り込みサンプル数を半分にする周波数分析部と、

前記周波数分析部によって得られる周波数分析でパワーピークに対する上昇時、下降時のピーク周波数をペアリングする時に、サンプル数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合のピーク周波数に変換してペアリングを行って前記ターゲットの各々に対する距離、相対距離を求めるターゲット認定部と、を備えることを特徴とするFM-CW方式レーダの信号処理装置。

【請求項2】

3角波状に周波数変調された連続波を送信してターゲットからの反射波を受信して受信信号の処理を行うFM-CW方式レーダ装置において、

前記ターゲットに対して距離情報、ドプラ効果の情報を含む受信信号と送信信号とのビート信号を、前記3角波状に変調される周波数の上昇時及び下降時のそれぞれで形成する受信部と、

前記上昇時及び下降時でそれぞれ前記ビート信号の周波数分析を行い前記ターゲットの各々に対してパワーピークを得る時に、上昇若しくは下降のどちらか一方のビート信号の取り込みサンプル数を半分にする周波数分析部と、

前記周波数分析部によって得られる周波数分析でパワーピークに対する上昇時、下降時のピーク周波数をペアリングする時に、サンプリング周波数を半分に設定した方の周波数

分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合のピーク周波数に変換してペアリングを行って前記ターゲットの各々に対する距離、相対距離を求めるターゲット認定部と、を備えることを特徴とするFM-CW方式レーダ装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記問題点を解決するために、3角波状に周波数変調された連続波を送信してターゲットからの反射波を受信して受信信号の処理を行うFM-CW方式レーダ信号処理に関し、前記ターゲットに対して距離情報、ドプラ効果の情報を含む受信信号と送信信号とのビート信号を、前記3角波状に変調される周波数の上昇時及び下降時のそれぞれで形成するレーダと、前記上昇時及び下降時でそれぞれ前記ビート信号の周波数分析を行い前記ターゲットの各々に対してパワーピークを得る時に、上昇時若しくは下降時のどちらか一方のビート信号の取り込みサンプル数を半分にする周波数分析部と、前記周波数分析部によって得られる周波数分析でパワーピークに対する上昇時、下降時のピーク周波数をペアリングする時に、サンプル数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合の周波数に変換してペアリングを行って前記ターゲットの各々に対する距離、相対距離を求めるターゲット認定部と、を備えるFM-CW方式レーダの信号処理装置及びFM-CW方式レーダ装置を提供する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

ステップS7において、周波数の後半の上昇時、下降時でピーク周波数のペアリングを行う。

このようにしてペアリングされたピーク周波数から、以下の如く、ターゲットとの距離等を求める。

ターゲットに対してペアリングが行われた上昇時、下降時のピーク周波数は、

$$f_b(u) = f_r - f_d \quad \dots (1)$$

$$f_b(d) = f_r + f_d \quad \dots (2)$$

となり、ここに、

$$\begin{aligned} f_r &= \{ \Delta f / (1 / 2 f_m) \} \cdot T \\ &= (4 R \cdot f_m \cdot \Delta f) / c \quad \dots (3) \end{aligned}$$

であり、 f_d はドプラ周波数であり、Tは電波の往復時間である。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0019】

(1)、(2)式より、

$$f_r = \{ f_b(u) + f_b(d) \} / 2 \quad \dots (4)$$

として得られ、(3)式より、

$$R = f_r \cdot c / (4 f_m \cdot \Delta f) \quad \dots (5)$$

となる。ここに、Rはターゲットと自車との間の距離、cは光速である。